

To Cite This Article: Erişmiş, M. (2023). Standartlaştırılmış yağış buharlaşma indeksine göre Meriç Nehri Havzasında uzun dönem kuraklık analizi. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 50, 313-328. <http://dx.doi.org/10.32003/igge.1297107>

STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ BUHARLAŞMA İNDEKSİNE GÖRE MERİÇ NEHRİ HAVZASINDA UZUN DÖNEM KURAKLIK ANALİZİ*

Long Term Drought Analysis in the Meriç River Basin According to the Standard Precipitation Evapotranspiration Index

Mustafa ERİŞMİŞ[✉] 

Öz

Kuraklık, yağışsız dönemlerin uzaması sonucu ortaya çıkan, başlangıcı, boyutu ve sonu belirsiz olan bir doğa olayıdır. Bu çalışma, Meriç havzasındaki istasyonlarda kuraklık süreleri ve şiddetlerinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, Standartlaştırılmış Yağış Buharlaşma İndeksi (SPEI) kullanılarak 24 aylık zaman ölçeğinde uzun dönemli kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. SPEI yönteminde, 10 istasyonun (Haskovo, Plovdiv, Kazanlak, Sliven, Çorlu, Tekirdağ, Edirne, İpsala, Kırklareli, Lüleburgaz) 1970-2020 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verileri dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda elde edilen bulgular, Bulgaristan'daki istasyonlarda orta düzeyde kuraklık yaşanırken, Türkiye'deki istasyonlarda şiddetli ve aşırı kurak koşulların mevcut olduğunu göstermektedir. Kuraklık, 1985-1995 döneminde havza genelinde yaygın olarak görülmüştür. Bu dönemden sonra en uzun kuraklık süresi, 2000-2010 yılları arasında Lüleburgaz istasyonunda kaydedilmiştir. Son yıllarda ise havza genelinde kurak koşulların arttığı tespit edilmiş olup, bu durum, kurak ve yarı kurak iklim özelliğine sahip olan Meriç havzasının kuraklık riskine karşı daha hassas hale geldiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Standartlaştırılmış Yağış Buharlaşma İndeksi, Uzun Dönem Kuraklık Analizi, Meriç Nehri Havzası

Abstract

Drought is a natural phenomenon characterized by prolonged periods of insufficient rainfall, with uncertain beginnings, extents, and endings. This study aims to evaluate drought durations and intensities at stations within the Meriç River Basin. To this end, a long-term drought analysis was conducted using the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) on a 24-month time scale. In the SPEI method, rainfall and temperature data from 10 stations (Haskovo, Plovdiv, Kazanlak, Sliven, Çorlu, Tekirdağ, Edirne, İpsala, Kırklareli, Lüleburgaz) between 1970 and 2020 were considered. The findings obtained from the analysis indicate that while moderate drought is experienced at stations in Bulgaria, severe and extreme drought conditions are present at stations in Turkey. Drought was widespread throughout the basin during the 1985-1995 period. After this period, the longest drought duration was recorded at the Lüleburgaz station between the years 2000 and 2010. In recent years, it has been determined that drought conditions have increased throughout the basin, indicating that the Meriç River Basin, which has semi-arid and arid climate characteristics, has become more sensitive to drought risk.

Keywords: Drought, Standard Precipitation Evapotranspiration Index, Long-Term Drought Analysis, Meriç River Basin

* Sorumlu Yazar: Doktora Öğrencisi., Çankırı Karatekin Üniversitesi., ✉ mustafaerismis@gmail.com

1. GİRİŞ

Küresel ısınmaya bağlı olarak gerçekleşen iklim değişikliği günümüzde insanoğlunun karşılaştığı en önemli sorunlardan biri olmuştur (Özcan, 2020). İklim değişikliği ile bağlantılı etmenlerden biri olan kuraklık, hem yüksek hem de düşük yağış alanları gibi hemen hemen tüm iklim bölgelerinde meydana gelir ve çoğunlukla bir mevsim veya bir yıl gibi uzun bir süre boyunca alınan yağış miktarındaki azalma ile ilgilidir (Mishra & Singh, 2010; Türkeş, 2012). İklim değişikliğine bağlı olarak oluşan kuraklık durumunu, Dünya Meteoroloji Örgütü, “uzamış ve aralıksız devam eden yağış azalmasıdır” diye tanımlamaktadır (Çamalan vd., 2021). Bu kuraklık tanımlamalarına ek olarak farklı disiplinler, kuraklık durumunu anlatmak için çeşitli kavramlar geliştirmiştir. Örnek olarak; meteorolojik, hidrolojik, tarımsal, coğrafi veya endüstriyel, enerji üretimi ve denizcilik gibi alanlara göre özelleştirilmiş kuraklık tanımlamaları yapılmıştır (Sırdaş & Şen, 2003). Çeşitleri itibarıyla kuraklık; meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık olarak sınıflandırılmıştır. Meteorolojik kuraklık, normalin altındaki yağışlar; tarımsal kuraklık, zamanın bir kısmında belirli bir bitkinin toprak neminin yetersiz kalması; hidrolojik kuraklık, hem yüzeysel hem de yeraltı sularının eksikliğini ve sosyoekonomik kuraklık ise fiziksel olarak meydana gelen su kıtlığının meydana gelmesiyle ortaya çıkmaktadır (Sırdaş, 2002; Ilgar, 2013). Kıtlık kuraklığı kavramı, diğer kuraklık türlerine ek olarak ele alınabilir ve kıtlık türlerinin en son ve en tehlikeli halkasıdır. Farklı kuraklık türleri ardışık olarak yaşanıp süreçlerini tamamladığında, kıtlık durumuna ulaşabilir ve bu durum kontrol altına alınamazsa, açlıkla sonuçlanabilir. Bu da, sonunda büyük ölçüde insan ölümlerine yol açabilecek ciddi seviyelere ulaşır (Şen, 2009).

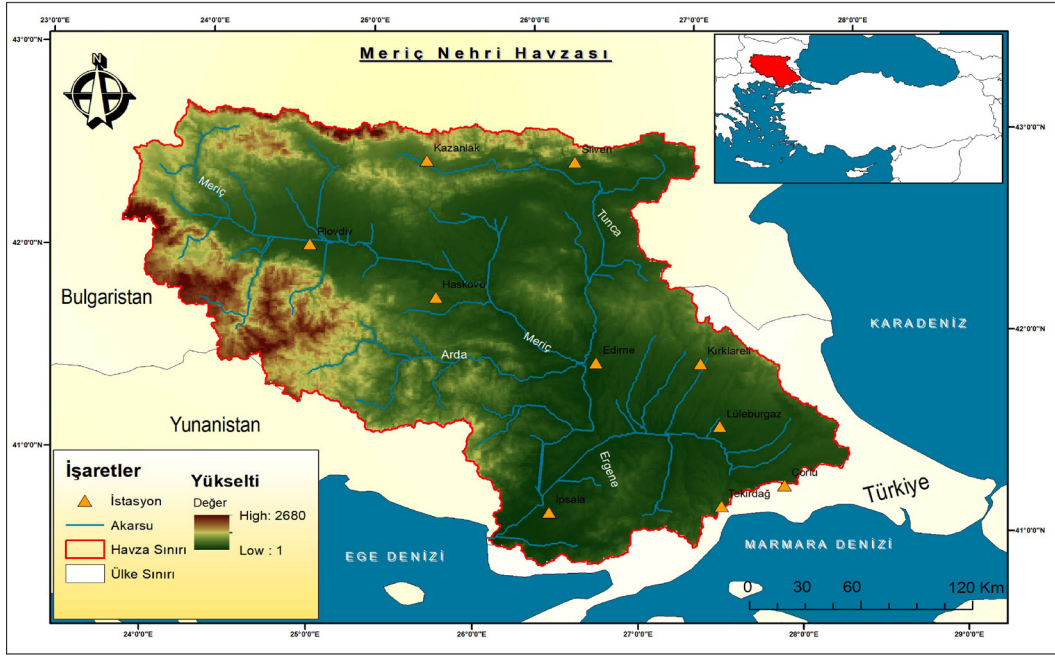
Yarı kurak iklimlere sahip olan ülkelerde, kurak olaylarının büyüklüğü ve sıklığının artması beklenmektedir. Özellikle Türkiye gibi, toplam 51 milyon hektarlık alanın büyük bir kısmı kurak ve yarı kurak bölge olarak kabul edilen ülkelerde, önümüzdeki yıllarda kuraklık riskinin artacağı öngörülmektedir (Türkeş, 2011; Turan, 2018). Türkiye’deki kuraklıkla ilgili çalışmaların 1940’lı yıllara kadar dayandığı göz önünde bulundurulduğunda (Tanoğlu, 1943; İnandık, 1951 ; Tümertekin, 1955; Tümertekin, 1956), bu durum ülkenin kuraklık konusunda bir bilim ve politika geliştirme sürecine girdiğini göstermektedir. Kuraklık konusunda yapılan araştırmalar, geniş ölçekli çalışmalardan (Serrano, Beguería & Moreno, 2010; McVicar, 2012; Beguería vd., 2014; Spinoni, 2015) lokal alanlara odaklanan çalışmalara kadar (Karabulut, 2020; Li, vd., 2020; İrcan, 2020; İrcan & Duman, 2021; Liu vd., 2021; Zarei vd., 2021; İrcan & Duman, 2022) çeşitli yaklaşımlar içermektedir. Bu araştırmalar, kuraklık analizleri için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır, bunlar arasında PDSI (Ntale & Gan 2003; Türkeş vd., 2009), SPI (Beden, Demir & Keskin, 2020), PNI (Nohegar, 2015) ve SPEI (Hernandez & Uddameri, 2014) bulunmaktadır.

Bu çalışmada, Meriç Havzası’nda bulunan on istasyon (Haskovo, Plovdiv, Kazanlak, Sliven, Çorlu, Tekirdağ, Edirne, İpsala, Kırklareli, Lüleburgaz) üzerinde nemlilik ve kuraklık durumları değerlendirilmiştir. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından kabul edilen önemli bir kuraklık göstergesi olan Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) kullanılarak (Stagge J. H., Tallaksen, Xu, & Van Lanen, 2014), 24 aylık zaman ölçeğinde gerçekleştirilen uzun dönemli kuraklık analizi sayesinde, havzanın farklı dönemlerinde yaşanan kurak dönemler ve bu dönemlerin tekrarlanma sayıları hakkında bilgi elde edilmiştir. Çalışmada, Bulgaristan Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü (NIMH) ve Türkiye Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden (DMİ) alınan aylık sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanını Meriç Nehri Havzası oluşturmaktadır (Şekil 1). Havza sınırları içerisinde Türkiye, Bulgaristan ve Yunanistan bulunur. Meriç Nehri, Trakya bölgesinin en uzun nehirlerinden biri olup, Bulgaristan’ın güneybatısında bulunan 2400m. yükseklikteki Rila Dağları’nın kuzey yamaçlarından doğmakta ve doğu istikametinde ilerleyerek Sivilegrad’ın 15 km doğusunda Türkiye topraklarına girmektedir. Türkiye-Yunanistan sınırını teşkil ettikten hemen sonra Arda Köprüsü mevkiinde sağ sahilinden Yunanistan’dan gelen Arda kolunu bünyesine alır. Arda Nehri’nden kısa bir süre sonra da Edirne’nin batısında Tunca Nehri de sol kol olarak Meriç Nehri’ne katılır. Daha sonra Türkiye ve Yunanistan sınırını çizerek akan Meriç Nehri Dimetoka’nın güneyinde sağ taraftan Kızılçay’ı daha sonra da İpsala’nın kuzeyinde sol taraftan Ergene Nehri’ni alıp Saros Körfezinden Ege Denizi’ne dökülür (Yıldız, 2011; Erkal & Topgül, 2014; Akkaya, 2016; Tokatlı, 2019).

Meriç Nehri Havzası 35.230 km² Bulgaristan'da, 14.560 km² Türkiye'de ve 3.685 km² Yunanistan'da olmak üzere toplam 53.475 km² bir alandan oluşmaktadır (Özdemir, 2015).



Şekil 1: Meriç Havzası Konum Haritası

3. MATERYAL VE METOT

Meriç Nehri Havzası sınırları içerisinde bulunan Kazanlak, Sliven, Haskovo, Plovdiv, Çorlu, Edirne, Tekirdağ, Lüleburgaz, Kırklareli, İpsala meteoroloji istasyonlarının uzun süreli yıllık sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. Çorlu, Edirne, Tekirdağ, Lüleburgaz, Kırklareli, İpsala meteoroloji istasyonlarının verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM), Bulgaristan sınırları içerisinde kalan Kazanlak, Sliven, Haskovo, Plovdiv meteoroloji istasyonlarının verileri ise Bulgaristan Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü'nden temin edilmiştir (Tablo 1). Haritaların hazırlanmasında ArcGIS 10.7 içerisinde yer alan Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) metodu tercih edilmiştir. IDW metodu verilerin genel dağılımını, eğilimini, anizotropi ve kümelenme gibi özelliklerini incelemekle birlikte, iki nokta arasındaki ilişkinin ve benzerliğin, aralarındaki mesafeyle orantılı olduğu varsayımına dayanmaktadır (Taylan & Damçayırı, 2016; Kale, 2018). IDW örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir. (Tural, 2011) SPEI değerlerinin grafiklerinin hazırlanması için de MATLAB R2021a (Matrix Laboratory) tercih edilmiştir.

Tablo 1: Meteoroloji İstasyonlarının Özellikleri

Meteoroloji İstasyonları	Bulunduğu Ülke	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Rasat Yılları
Sliven	Bulgaristan	42.6777N	26.3399E	264	1970-2020
Kazanlak	Bulgaristan	42.6357N	25.3878E	366	1970-2020
Plovdiv	Bulgaristan	42.1343N	24.8025E	156	1970-2020
Haskovo	Bulgaristan	41.9279N	25.5414E	195	1970-2020
Edirne	Türkiye	41.6767N	26,5508E	51	1970-2020
Kırklareli	Türkiye	41.7387N	27.2170E	232	1970-2020
Lüleburgaz	Türkiye	41.3513N	27.3108E	46	1970-2020
Çorlu	Türkiye	41.1798N	27.8160E	183	1970-2020
İpsala	Türkiye	40.8900N	26.3900E	10	1970-2020
Tekirdağ	Türkiye	41.4469N	27.9342E	4	1970-2020

3.1. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI)

SPEI kuraklık değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılan bir indekstir (Serrano, Begueria & Moreno 2010; Bacanlı & Akşan, 2019; Bakanoğulları, 2020). Kümülatif yağış ve potansiyel evapotranspirasyon arasındaki haftalık veya aylık fark olarak hesaplanabilen basit bir iklimsel su dengesini temsil etmektedir (Akşan, 2021). SPEI algoritması SPI'ninkine çok benzer. SPEI yağış serisini en iyi temsil eden dağılımın log logistic dağılımı olduğu belirlenmiştir. SPEI aylık veya haftalık potansiyel evapotranspirasyon (PET) ile yağış (P) arasındaki fark (D) olarak ifade edilir. Bu fark (D) analiz edilen ay (i) için su fazlası veya eksikliğidir ve eşitlik 1 kullanılarak hesaplanır.

$$D_i = P_i - PET_i \quad [1]$$

D_i : Su eksikliğini ya da fazlalığını gösteren fark, PET_i : Potansiyel Evapotranspirasyon, P_i : Aylık toplam yağışı ifade etmektedir.

Formül 1'de yer alan PET_i hesaplamak için birden fazla yöntem vardır. Bu yöntemler istasyonlarda ölçülen farklı

parametrelerden yararlanmaktadır. Çalışmamızda bu yöntemlerden biri olan Thornthwaite yönteminden kullanılmıştır. Thornthwaite (1948) yöntemine göre PET hesaplamak için aşağıda yer alan eşitlikten yararlanılır.

$$PET = 16K \left(\frac{10T}{I} \right)^m \quad [2]$$

PET : Potansiyel Evapotranspirasyon, t : Aylık ortalama sıcaklık (C°), I : Yıllık sıcaklık indeksi,

Log Logistic dağılımın parametreleri yardımıyla her bir D_i değerinin olasılığı, olasılık dağılımının birikimli dağılım fonksiyonu hesaplanmış ve bu değerlerinden yararlanarak ve denklem 5 ile 6 kullanılarak 12 aylık SPEI serileri elde edilmiştir. Log Logistic dağılımı şu şekilde tanımlanmaktadır;

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{\alpha}{x-y} \right)^\beta \right]^{-1} \quad [3]$$

Burada α , β ve γ sırasıyla ölçek, şekil ve orijin parametrelerini gösterir. Bu fonksiyon, L moment oranı diyagramları tarafından D_i serisine uyacak şekilde en iyi dağılım fonksiyonu olarak seçilmiştir. Son olarak $F(x)$ standardize edilerek SPEI verileri hesaplandı.

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3} \quad [4]$$

$$W = \sqrt{-2\ln(P)} \quad \text{for } P \leq 0.5 \quad [5]$$

Denklem 5 ve 6'da yer alan $C_0 = 2.515547$, $C_1 = 0.802853$, $C_2 = 0.010328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$, $d_3 = 0.001308$, P = Olasılık değeri. $P > 0.5$ olursa, P değerli 1-P olarak değişmekte ve belirlenen SPEI değerinin işareti ters çevrilmiştir (Sırdaş, 2002; Serrano, Begueria 'A, & Lo 'Pez-Moreno, 2010; Chen, Werf, Jeu, Wang, & Dolman, 2013; Öney, 2020; Bakanoğulları, 2020).

SPEI indeksi, farklı zaman ölçeklerinde (1, 3, 6, 9, 12 ay gibi) kuraklık durumlarını değerlendirmek için kullanılabilir. Bu zaman ölçekleri, çalışmanın amacına ve analiz edilmek istenen dönemlere bağlı olarak seçilir. 24 aylık zaman ölçeği uzun vadeli ve geniş kapsamlı kuraklık durumlarını analiz etmeye olanak sağlar (Serrano, Begueria 'A, & Lo 'Pez-Moreno, 2010). Bu çalışmada da uzun zaman ölçeği olarak ifade edilen 24 aylık SPEI değerleri hesaplanmıştır ve belirlenen SPEI değerleri

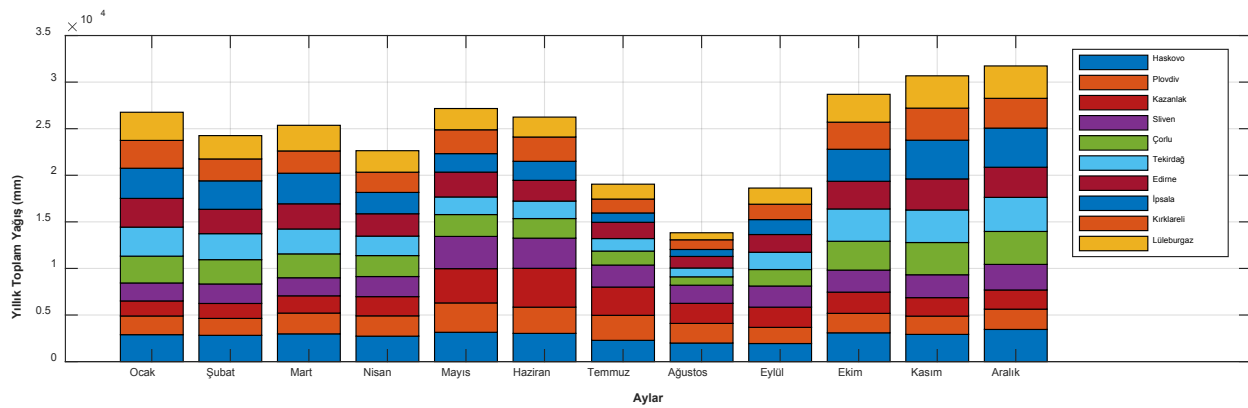
için kuraklık kategorileri tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde, SPEI değerinin sıfırın altına düşmesi durumunda kuraklık başlamakta; SPEI değeri - 1’den daha küçük olduğunda ise kuraklık şiddetlenmektedir. Öte yandan, SPEI değeri sıfırdan büyük olduğunda kuraklık söz konusu olmamakta ve normal nemlilik koşulları gözlemlenmektedir.

Tablo 2: SPEI Kuraklık Sınıflandırması

SPEI Değerleri	Kuraklık Sınıflandırması
$SPEI \geq 2.0$	Aşırı Nemli
1.50 - 1.99	Şiddetli Nemli
1.00 - 1.49	Orta Nemli
0.50 - 0.99	Hafif Nemli
-0.49 - 0.49	Normal
-0.99 - 0.50	Hafif Kurak
-1.49 - - 1.00	Orta Kurak
-1.99 - 1.50	Şiddetli Kurak
$SPEI \leq - 2.00$	Aşırı Kurak

Çalışma üç aşamada incelenmiş olup, ilk aşamada havza genelinde uzun yıllık yağış ve sıcaklık değerlerinin genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır. İkinci aşamada 24 aylık zaman ölçeğinde elde edilen kuraklık indeks değerleri nemlilik ve kuraklık kategorilerine göre yeniden sınıflandırılmış ve Meriç Nehri Havzasında meydana gelen nemli ve kurak koşulların süresi değerlendirilmiştir. Üçüncü aşamada; aylar, mevsimler ve istasyonlar bağlamında nemlilik ve kuraklık değerleri kendi aralarında mukayese edilmiştir.

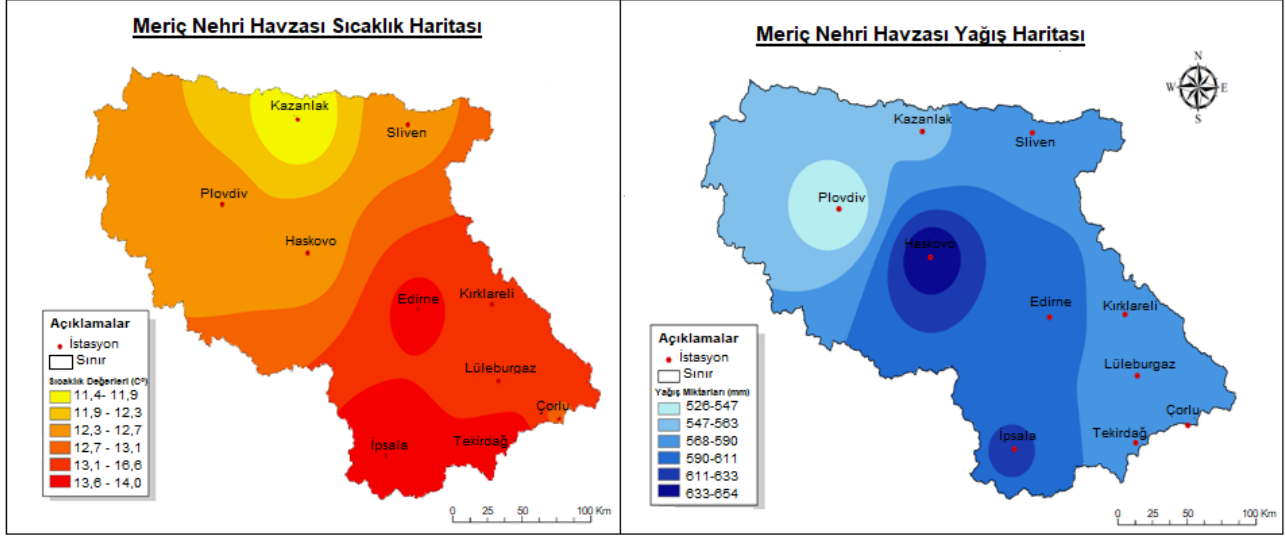
Havza genelinde aylık uzun yıllık toplam yağış miktarları değerlendirildiğinde; Ekim, Kasım ve Aralık ayları en yüksek yağış oranlarını sergilerken, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları ise nispeten daha düşük yağış miktarlarına sahip aylar olarak tespit edilmiştir. Haskovo, İpsala ve Tekirdağ meteoroloji istasyonları, 6 aylık süre zarfında en yüksek yağış miktarını alan istasyonlar olarak göze çarpmaktadır. Diğer yandan, Edirne ve Kırklareli meteoroloji istasyonları, toplamda 7 ay boyunca en düşük yağış miktarlarına sahip olan istasyonlar olarak kaydedilmiştir. Havza genelinde yer alan istasyonlara ait uzun yıllık aylık toplam yağış verileri şekil 3’de gösterilmiştir. İstasyonların uzun yıllık ortalama yağış miktarları incelendiğinde; Plovdiv’de 526.4 mm; Kazanlak’ta 563.8 mm; Sliven’de 576.1 mm; Haskovo’da 655.0 mm; Çorlu’da 580.1 mm; Edirne 603.3 mm; İpsala 616.8 mm; Kırklareli’de 579.2 mm; Lüleburgaz 581.9 mm; Tekirdağ’da ise 580.5 mm’dir. Havzanın uzun yıllık yağış ortalaması 586.3 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 4).



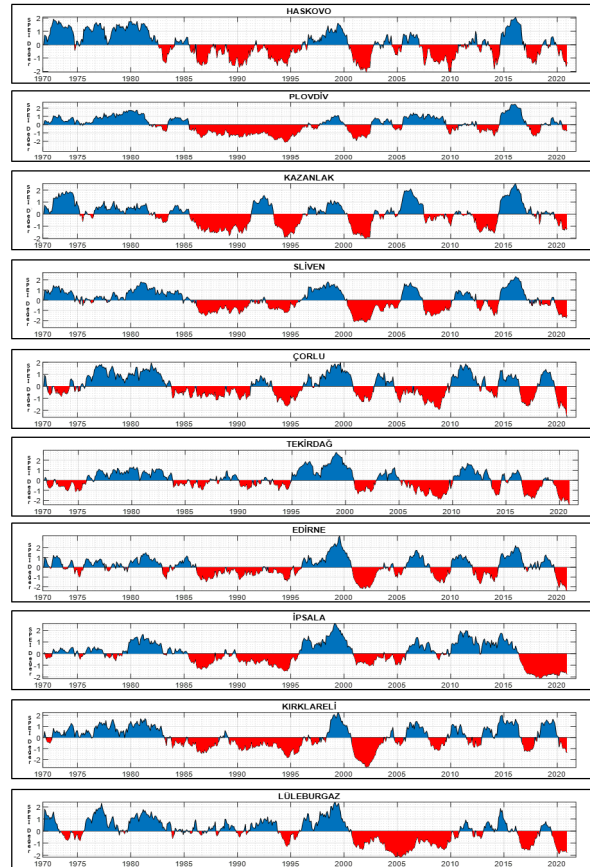
Şekil 3: Meriç Nehri Havzasında Toplam Yağış Miktarının Aylara Göre Dağılımı

İstasyonların uzun yıllık ortalama sıcaklık değerlerine baktığımızda, Plovdiv’de 12.5°C, Kazanlak’ta 11.4°C, Sliven’de 12.6°C, Haskovo’da 12.5°C, Çorlu’da 13.1°C, Edirne’de 13.8°C, İpsala’da 14.1°C, Kırklareli’de 13.4°C ve Tekirdağ’da 13.3°C olarak

gözlemlenmiştir. Havzanın genelinde ise uzun yıllık ortalama sıcaklık 13.8°C olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre, en düşük sıcaklık değeri Kazanlak'ta, en yüksek sıcaklık değeri ise İpsalada ölçülmüştür. Havzanın batı kısmında sıcaklık değerleri düşerken, doğu kısmında sıcaklık değerleri artış göstermektedir. Havzada bulunan istasyonların uzun yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak IDW yöntemiyle oluşturulan haritalar Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4: Meriç Nehri Havzasının Uzun Yıllık Ortalama Yağış ve Sıcaklıklarının Mekânsal Dağılımı



Şekil 4: SPEİ ile Elde Edilen Kuraklık Şiddeti ve Süresinin İstasyonlara Göre Dağılımı

Meriç Nehri Havzası sıcaklık ve yağış gözlem istasyonlarına ait 1970-2020 yılları arasındaki aylık yağış ve sıcaklık verilerinin Standartlaştırılmış Yağış Buharlaştırma İndeksi sonuçları şekil 5'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; en nemli yıl Haskovo 2016 (2,07); Plovdiv 2015 (2,44); Sliven 2016 (2,31); Kazanlak 2016 (2,54); Çorlu 1999 (2,31); Edirne 1999(3,23); İpsala 1999 (2,58); Kırklareli 1999 (2,25); Lüleburgaz 1999 (2,39) ve Tekirdağ için 1999 (2,75) olarak belirlenmiştir.

1970-1984 yılları arasında Haskovo, Plovdiv, Sliven, Kazanlak, Edirne, İpsala, Kırklareli ve Lüleburgaz istasyonlarında genellikle nemli koşullar hâkim olmuştur, ancak bu dönemde kısa kurak devreler de yaşanmıştır. Çorlu ve Tekirdağ istasyonlarında ise 1976-1982 yılları arasında nemli dönem belirginleşmiştir. İkinci nemli devre ise 1995-2000 yılları arasında gerçekleşmiş ve Kazanlak, Plovdiv ve Kırklareli istasyonları hariç, diğer istasyonlarda daha net gözlemlenmiştir. 2010-2015 yılları arasında ise sadece İpsala istasyonunda kesintisiz nemli devre tespit edilmiştir. Nemli yılların tekrarlanma sıklığını inceleyen frekans analizi sonucunda 1980, 1981, 1999 ve 2015 yıllarının diğer yıllara göre daha sık yaşandığı belirlenmiştir. 12 ay süren nemli koşulların yaşandığı yılların dağılımı ise Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3: Nemli Devrelerin Yıllara Göre Dağılımı

Meteoroloji İstasyonu	Nemli Devrelerin Yıllara Göre Dağılımı								
Haskovo	1976	1977	1978	1979	1980	1998	1999	2015	
Plovdiv	1977	1978	1979	1980	2006	2007	2008	2015	
Kazanlak	1973	1974	1992	2006	2015	2016			
Sliven	1972	1973	1980	1981	1982	1997	1998	1999	2011
Çorlu	1977	1978	1980	1981	1982	1998	1999	2011	
Tekirdağ	1981	1999	2015						
Edirne	1979	1982	1996	1998	1999	2011			
İpsala	1980	1981	1982	1998	1999	2011			
Kırklareli	1977	1980	1981	1982	1999	2006	2015		
Lüleburgaz	1972	1976	1980	1981	1982	1992	1998	1999	

Elde edilen sonuçlara göre; en kurak yıl Haskovo 2002 ve 2010 (-2,06); Plovdiv 1994 (-2,12); Sliven 2002 (-2,18); Kazanlak 2002 (-2,05); Çorlu 2020 (-2,58); Edirne 2020 (-2,42); İpsala 2018 (-2,14); Kırklareli 2002 (2,71); Lüleburgaz 2005 (-2,16); Tekirdağ için 2020 (-2,44) olarak belirlenmiştir. Haskovo, Plovdiv, Sliven, Kazanlak, Çorlu, Edirne, İpsala ve Kırklareli istasyonlarında 1985-1995 yılları aralığında kuraklık koşulları görülmekle birlikte ara ara kısa nemli dönemlerle kesintiye uğramıştır. Lüleburgaz ve Tekirdağ istasyonlarında dikkate değer kuraklık koşullar tespit edilmemiştir. Kuraklık süresi bakımından incelendiğinde, Plovdiv istasyonunda 1985 – 1986 yıl aralığında; Lüleburgaz istasyonu için 2000-2005 yıl aralığı ve İpsala istasyonu için 2017-2020 yıl aralığında kesintisiz bir kurak dönem görülmüştür.

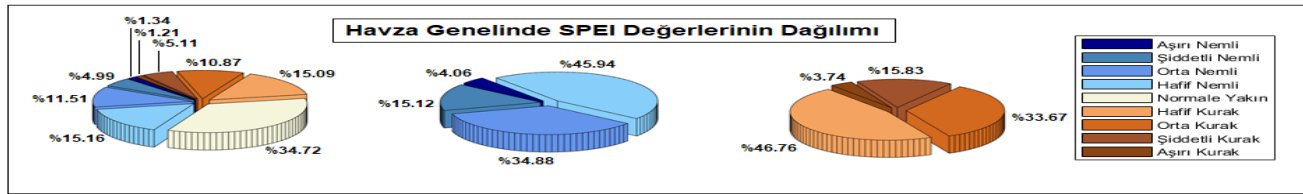
Kuraklık yoğunluklarına bakıldığında; Haskovo'da 2001-2002, 2009-2010; Plovdiv'de 1993-1994; Kazanlak ve Sliven'de 2001-2002 yıllarında önemli kuraklıklar yaşanmıştır. Çorlu'da 2020, Edirne'de 2001-2002 ve 2020, Tekirdağ'da 2020 ve İpsala'da 2017-2020 yılları arasında yoğun kuraklık görülmüştür. Kırklareli ve Lüleburgaz'da ise 2001-2002, 2009 ve 2020'de yoğun kuraklık koşulları tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye'deki 5 istasyonda 2020'de artan kuraklık yoğunluklarına işaret etmektedir. Yapılan frekans analizi, 1994, 2001 ve 2020 yıllarının diğer yıllara göre daha yüksek tekrarlanma sıklığına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, söz konusu yıllarda daha şiddetli ve sık kuraklık koşulları yaşandığını göstermektedir.

Tablo 4: Kurak Devrelerin Yıllara Göre Dağılımı

Meteoroloji İstasyonu	Kurak Devrelerin Yıllara Göre Dağılımı									
Haskovo	1990	1993	1994	2001	2009					
Plovdiv	1987	1988	1989	1993	1994	1995	2001			
Kazanlak	1986	1987	1988	1989	1990	2001	2013			
Sliven	1987	1988	1989	1990	1993	1994	2001	2002	2008	2009
Çorlu	1994	2007	2008	2017	2020					

Tekirdağ	2007	2008	2020							
Edirne	1994	2001	2002	2020						
İpsala	1986	1993	1994	2017	2018	2019	2020			
Kırklareli	1990	1994	1995	2001	2002					
Lüleburgaz	2001	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2017	2020	

SPEI yöntemine göre, havzada nemli koşullar %33.0 olarak belirlenirken, kuraklık değerleri ise 32.28 olarak tespit edilmiştir. Nemli koşulların dağılımı incelendiğinde; aşırı nemli, şiddetli nemli, orta nemli ve hafif nemli sınıflarının oranları sırasıyla %4.06, %15.12, %34.88 ve %45.94 olarak bulunmuştur. Kuraklık değerleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde; hafif kuraklık oranı %46.75 orta kuraklık oranı %33.67 şiddetli kuraklık oranı %15.83 ve aşırı kuraklık oranı ise %3.75 olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5: SPEI Değerlerinden Elde Edilen Kuraklık Kategorilerinin Havza Genelinde Dağılımı

Aylık bağlamda SPEI kategorileri incelendiğinde; Temmuz ayında orta nemli oranlar en yüksek değerde (%8,99) bulunurken, Şubat ayında bu oran en düşük seviyeye (%6,78) düşmektedir. Hafif nemli oranlar ise Şubat ayında zirveye ulaşarak (%9,42) en yüksek seviyede yer alırken, Temmuz ayında en düşük değere (%7,23) gerilemektedir. Hafif kurak oranları Aralık ayında en yüksek değere (%9,90) çıkarken, Temmuz ayında en düşük seviyeye (%7,42) inmektedir. Orta kurak oranlar, Ekim ayında en yüksek (%8,75) ve Haziran ayında en düşük (%7,50) değerlere ulaşmaktadır. Şiddetli kurak oranları, Nisan ve Ekim aylarında en yüksek (%9,63) seviyeye çıkarken, Ocak ayında en düşük seviyede (%6,31) bulunmaktadır. Aşırı kurak oranları ise Ocak ve Şubat aylarında en yüksek (%11,27) değerlere ulaşırken, Nisan ve Ekim aylarında en düşük (%4,23) seviyelere gerilemektedir (Tablo 5).

Tablo 5: Aylık SPEI Değerlerinin Görülme Sayıları

Aylar	Aşırı Nemli	Oran (%)	Şiddetli Nemli	Oran (%)	Orta Nemli	Oran (%)	Hafif Nemli	Oran (%)	Normale Yakın	Oran (%)	Hafif Kurak	Oran (%)	Orta Kurak	Oran (%)	Şiddetli Kurak	Oran (%)	Aşırı Kurak	Oran (%)
Ocak	8	10,13	22	7,48	55	8,11	76	8,33	170	8,48	80	9,00	55	8,59	19	6,31	8	11,27
Şubat	10	12,66	22	7,48	46	6,78	86	9,42	171	8,53	67	7,54	55	8,59	22	7,31	8	11,27
Mart	7	8,86	22	7,48	57	8,40	72	7,89	178	8,88	68	7,65	54	8,44	25	8,31	5	7,04
Nisan	9	11,39	21	7,14	59	8,70	73	8,00	168	8,38	77	8,66	53	8,28	29	9,63	3	4,23
Mayıs	8	10,13	26	8,84	58	8,55	71	7,78	170	8,48	77	8,66	53	8,28	23	7,64	6	8,45
Haziran	5	6,33	29	9,86	54	7,96	77	8,44	164	8,18	77	8,66	48	7,50	28	9,30	7	9,86
Temmuz	6	7,59	26	8,84	61	8,99	66	7,23	180	8,98	66	7,42	53	8,28	23	7,64	7	9,86
Ağustos	3	3,80	28	9,52	51	7,52	79	8,65	166	8,28	76	8,55	53	8,28	26	8,64	6	8,45
Eylül	6	7,59	24	8,16	60	8,85	75	8,22	167	8,33	72	8,10	54	8,44	29	9,63	4	5,63
Ekim	6	7,59	26	8,84	60	8,85	70	7,67	167	8,33	74	8,32	56	8,75	29	9,63	3	4,23
Kasım	7	8,86	23	7,82	59	8,70	70	7,67	179	8,93	67	7,54	53	8,28	26	8,64	6	8,45
Aralık	4	5,06	25	8,50	58	8,55	78	8,55	165	8,23	88	9,90	53	8,28	22	7,31	8	11,27

Mevsimlere göre nem ve kuraklık kategorilerinin dağılımı incelendiğinde, aşırı nemli değerler kış ve ilkbahar aylarında daha yüksek oranlara (%27,85 ve %30,38) sahipken, yaz ve sonbahar aylarında oranlar düşmektedir (%17,72 ve %24,05). Şiddetli nemli değerler için ise, yaz ayları en yüksek orana (%28,23) sahip olup, diğer mevsimlerde oranlar benzer düzeyde seyretmektedir. Orta nemli değerlerde ilkbahar ve sonbahar aylarında daha yüksek oranlar (%25,66 ve %26,40) gözlenirken, kış ve yaz aylarında oranlar daha düşük seviyededir (%23,45 ve %24,48). Hafif nemli değerler, kış aylarında en yüksek orana (%26,88) sahip olup, diğer mevsimlerde benzer düzeyde oranlara sahiptir. Normale yakın değerlerde ise, tüm mevsimlerde neredeyse eşit oranlarda dağılmıştır ve oranlar %24,81 ila %25,16 arasında değişmektedir.

Kurak kategorilerinin dağılımında; hafif ve orta kurak değerler kış aylarında en yüksek orana (%26,15 ve %25,42) sahip olup, diğer mevsimlerde yaklaşık aynı oranlarda devam eder. Şiddetli kurak değerlerde, sonbahar aylarında en yüksek orana (%27,78) sahipken, ilkbahar ve yaz aylarında benzer oranlarda devam eder (%25,62 ve %26,23) ve kış aylarında daha düşük oranlar gözlenir (%20,37). Aşırı kurak değerlerde ise, kış aylarında en yüksek orana (%34,94) sahip olup, yaz aylarında da yüksek oranlarla devam eder (%26,51). İlkbahar ve sonbahar aylarında ise daha düşük oranlar görülür (%22,89 ve %15,66). Mevsimsel değerlerin incelenmesi sonucu her mevsimde kuraklık ve nemlilik olayların yaşandığı görülmekle birlikte, elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Tablo 6'da mevsimlik SPEI değerlerinin görülme sayıları ve oranları verilmiştir.

Tablo 6: Mevsimlik SPEI değerlerinin Görülme Sayıları ve Oranları

Kategori	Kış	Oran (%)	İlkbahar	Oran (%)	Yaz	Oran (%)	Sonbahar	Oran (%)
Aşırı Nemli	22	27,85	24	30,38	14	17,72	19	24,05
Şiddetli Nemli	69	23,47	69	23,47	83	28,23	73	24,83
Orta Nemli	159	23,45	174	25,66	166	24,48	179	26,40
Hafif Nemli	240	26,88	216	24,19	222	24,86	215	24,08
Normale Yakın	493	24,81	495	24,91	499	25,11	500	25,16
Hafif Kurak	234	26,15	223	24,92	220	24,58	218	24,36
Orta Kurak	167	25,42	163	24,81	159	24,2	168	25,57
Şiddetli Kurak	66	20,37	83	25,62	85	26,23	90	27,78
Aşırı Kurak	29	34,94	19	22,89	22	26,51	13	15,66

İstasyonlar arasında nemli koşulların aylık değerleri ve yüzdelik dağılımları incelendiğinde, farklılıklar gözlemlenmektedir. Aşırı nemli koşullar açısından, Edirne istasyonu %24.64 ile en yüksek orana sahipken, Haskovo ve Çorlu istasyonları %1.45 ile en düşük değerlere sahiptir. Bu kategoride, Tekirdağ ve Plovdiv istasyonları da yüksek oranlar sergilemektedir. Şiddetli nemli koşulların değerlendirilmesi sonucunda, Plovdiv istasyonu %6.87 ile en düşük orana sahipken, Haskovo ve Kazanlak istasyonları %14.02 ve %13.11 ile en yüksek değerleri göstermektedir. Orta nemli koşullar bağlamında, Kırklareli istasyonu %12.36 ile en yüksek değere sahipken, Kazanlak istasyonu %5.11 ile en düşük değeri göstermektedir. Bu kategoride, diğer istasyonlar %7.92 ile %10.62 arasında oranlara sahip olup, büyük farklar gözlenmemektedir. Hafif nemli koşullar söz konusu olduğunda, Plovdiv istasyonu %11.44 ile en yüksek değere sahipken, Haskovo istasyonu %6.82 ile en düşük değeri göstermektedir. Bu kategoride, diğer istasyonlar %8.06 ile %9.93 arasında değişen oranlara sahip olup, büyük farklar bulunmamaktadır. Böylelikle, genel değerlendirmede, nemli koşulların oranları ve yüzdelik dağılımları istasyonlara göre farklılık göstermekte olup, büyük farklar çoğunlukla aşırı nemli koşullar kategorisinde gözlenmektedir (Tablo 7).

Tablo 7: İstasyonlara Ait SPEI Nemli Değerlerinin Dağılımları

İstasyonlar	Aşırı Nemli	Oran (%)	Şiddetli Nemli	Oran (%)	Orta Nemli	Oran (%)	Hafif Nemli	Oran (%)
Haskovo	1	1.45	43	14.02	76	10.20	65	6.82
Plovdiv	11	15.94	21	6.87	69	9.27	109	11.44
Kazanlak	9	13.04	40	13.11	38	5.11	84	8.79
Sliven	5	7.25	29	9.51	79	10.62	93	9.71
Çorlu	1	1.45	40	13.11	75	10.06	95	9.93
Edirne	17	24.64	17	5.57	59	7.92	92	9.63
İpsala	8	11.59	28	9.18	61	8.16	93	9.71
Tekirdağ	12	17.39	25	8.20	65	8.70	94	9.81
Kırklareli	5	7.25	25	8.20	92	12.36	77	8.06
Lüleburgaz	10	14.49	26	8.53	64	8.55	91	9.51

Hafif kurak değerler dikkate alındığında; Çorlu istasyonu %13,11 oranıyla en yüksek değere sahipken, Kazanlak istasyonu %5,88 oranıyla en düşük değere sahiptir. Orta kurak alanlarda ise, Plovdiv istasyonu %13,81 oranıyla en yüksek değere sahipken, Haskovo istasyonu %3,51 oranıyla en düşük değere sahiptir. Şiddetli kuraklık değerlerinde, Kazanlak ve Lüleburgaz istasyonları %14,02 oranıyla en yüksek değere sahipken, Sliven istasyonu %6,54 oranıyla en düşük değere sahiptir. Aşırı

kuraklık değerleri söz konusu olduğunda ise, Kırklareli istasyonu %23,19 oranıyla en yüksek değere sahipken, Kazanlak ve Çorlu istasyonları %2,90 oranıyla en düşük değere sahiptir. (Tablo 8).

Tablo 8: İstasyonlara Ait SPEI Kurak Değerlerinin Dağılımları

İstasyonlar	Hafif Kurak	Oran (%)	Orta Kurak	Oran (%)	Şiddetli Kurak	Oran (%)	Aşırı Kurak	Oran (%)
Haskovo	65	6,93	92	3,51	29	9,51	4	5,79
Plovdiv	86	9,17	94	13,81	26	8,53	4	5,79
Kazanlak	55	5,88	77	11,36	43	14,02	2	2,90
Sliven	99	10,57	75	11,06	20	6,54	10	14,49
Çorlu	123	13,11	53	7,79	26	8,53	2	2,90
Edirne	87	9,31	54	7,96	24	7,87	12	17,39
İpsala	88	9,41	39	5,75	42	13,77	6	8,70
Tekirdağ	100	10,71	48	7,10	32	10,49	5	7,25
Kırklareli	119	12,71	54	7,96	16	5,24	16	23,19
Lüleburgaz	67	7,14	54	7,96	43	14,02	10	14,49

24 aylık SPEI'ye göre Meriç Nehri Havzasının orta, doğu ve batı bölgelerinde kuraklık koşulları değerlendirilmiştir. Bu konuyla ilgili yapılan benzer çalışmalar incelenmiştir. Gocheva, Malcheva & Marinova (2010), çeşitli kuraklık indeksleri kullanarak Bulgaristan'daki kuraklık durumunu incelemek için yaptıkları çalışmada 1984'ten sonra kuraklıkların arttığı ve üç ana dalga halinde maksimum seviyelere ulaştığı belirlenmiştir. 1984'ten sonra ülkedeki kuraklık durumunun orta derecede olduğunu ve bazı bölgelerde 1993, 2000 ve 2007 yaz aylarında tepe noktalarına ulaştığını tespit etmişlerdir. Nikolava, Alieva & Voislavova (2012), Bulgaristan'ın dağlık olmayan kısımlarında kurak koşulları incelemişler ve elde ettikleri sonuçlara göre; kurak mevsimlerin yaşandığı yılların genellikle 80'ler ve 90'larda daha sık görüldüğünü, ayrıca kış kuraklığının en yoğun yaşandığı istasyonların Haskovo ve Plovdiv istasyonları olduğunu belirlemişlerdir. Turoğlu & Uludağ (2013), Yaz aylarında meydana gelen hidrolojik kuraklığın, Meriç Nehri'nin akış hızını durma noktasına getirdiğini ve hidrolojik kuraklığın olumsuz etkilerinin, her yıl Meriç ve Tunca nehirlerinde de arttığını belirtmektedir. Türkeş (2012), SPI kuraklık indeksine göre; Meriç Nehri Havzasının bulunduğu bölgede orta ve şiddetli kurak koşullar tespit etmiştir. Yukarıda bahsi geçen çalışmalar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar arasındaki bulgular benzerlik göstermektedir.

5. TARTIŞMA

1980'lerin ortalarından sonra Bulgaristan'da ortalama sıcaklık yükselmeye başlaması ve 1997 yılından sonra sıcaklığın olağanüstü yüksek oranlara ulaşmaya başlaması sonucu Meriç Nehri havzasında hem yağışta yaklaşık %30'luk azalma hem de buna bağlı olarak su kaynaklarında bir azalma durumu hâkim olduğunu göstermektedir. Son yıllarda yağın şiddetli yağışlar yıllık ortalama yağış oranlarını artırsa da Bulgaristan ikliminde 20. yüzyılın sonlarından itibaren kuraklaşma görülmektedir (Turoğlu & Uludağ, 2013). Havza genelinde yağış ve sıcaklıkların dağılımı, kuraklık üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Yağış ve sıcaklıkların dağılımında yağış miktarı ve dağılımı üzerinde doğrudan ya da dolaylı olarak birçok faktörün olduğu tespit edilmiştir. Bu faktörler; atmosfer hareketinin bir sonucu olan geniş ölçekli salınımlar, yerel ve bölgesel topoğrafik koşullar, denize yakınlık gibi birçok faktör sıralanabilir. Geniş ölçekli salınımlardan, El Nino Güney Salınım, Kuzey Atlantik Salınımı ve Atlantik Multidecadal Salınımı'nın Meriç Nehri Havzasındaki yağış ve sıcaklıklar üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Abdelkader & Yerdelen, 2022). Ayrıca birçok çalışma Türkiye'deki yağış miktarları ile Kuzey Atlantik Salınımı arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Türkeş & Erlat, 2005; Kahya, 2011; Sezen & Partal, 2019).

Kuraklık süreleri ve şiddeti iklim değişikliği senaryolarıyla da yakından ilişkilidir. Örneğin, Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından desteklenen Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2013 raporunda belirtildiği üzere; artan sıcaklıklar ve azalan yağışlar, kuraklık süresi ve şiddetini pozitif yönde arttırabilir (Türkeş vd., 2013). Bu artışın hem tarım hem de genel ekosistem üzerinde önemli sonuçları olabilir. Özellikle, Meriç Nehri Havzası'nda IPCC'nin geliştirdiği küresel ölçekte olan yeni nesil senaryo ailesinden olan RCP 4.5 senaryosuna göre, tüm dönemlerde ortalama sıcaklıkların artış eğiliminde olduğu

öngörülmektedir (Gürkan vd.,2016). Bu öngörüler, havzanın gelecekteki su kaynakları yönetiminde önemli bir role sahip olmalıdır.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Meriç Nehri Havzası'ndaki istasyonlarda yapılan Standartlaştırılmış Yağış Buharlaştırma İndeksi analizlerine göre, bazı yıllarda kuraklık sınıflandırma aralıkları birbiriyle uyumlu bulunmuştur. Ayrıca, son dönemlerde tüm istasyonlarda kuraklık şiddetinde artan eğilimler gözlenmiştir. Bölgedeki orta düzeydeki kuraklık koşulları, Bulgaristan tarafındaki istasyonlarda daha belirgin iken, Türkiye tarafında şiddetli durumları gözlemlenmiştir. İpsala, Lüleburgaz ve Çorlu istasyonlarında son yıllarda kuraklık şiddetinde artışlar meydana gelmiştir.

Meriç Nehri Havzası'nda, küresel iklim değişikliği ve sıcaklık artışları ile birlikte kuraklaşma ve yağış azalmaları belirgin bir eğilim göstermektedir, bu durum Kuzey Atlantik Salınımı ile de bağlantılıdır. Ortalama sıcaklıkların artış eğilimi, havzanın kuraklık sürelerinin ve şiddetinin artabileceği konusunda uyarılar yapmaktadır. Havza, yoğun tarımsal aktiviteye ev sahipliği yapmakta olup, artan kuraklık ve yüksek nemlilik koşulları tarımsal verimliliği olumsuz etkileyebilir. Kuraklık, bitkilerin büyümesini ve verimliliğini zayıflatırken, yüksek nemlilik, hastalıklara karşı daha hassas bir ortam oluşturarak bitkileri mantar ve bakteri hastalıklarına karşı savunmasız hale getirir. Bu etkiler, havzanın tarımsal üretimini önemli ölçüde azaltarak, çiftçiler üzerinde ekonomik baskı oluşturabilir. Ayrıca, bu olumsuz etkiler, tarımsal verimlilikteki düşüş nedeniyle gıda arzını azaltabilir, bu da havza genelinde gıda fiyatlarının yükselmesine ve potansiyel gıda kıtlığına neden olabilir. Su kaynaklarına olan talebin artması, su stresine yol açarak, Meriç Nehri Havzası'ndaki yeraltı ve yer üstü su kaynaklarına yönelik taleplerin artmasına ve bu durumun tarımsal sulama, içme suyu ve enerji üretimi gibi önemli kullanımları zorlaştırmasına neden olabilir. Bu durumlar, özellikle tarımsal topluluklar üzerinde sosyal etkilere yol açabilir. Gıda fiyatlarındaki artış ve gıda kıtlığı, beslenme güvencesini tehdit ederken, su stresi ve tarımsal üretimin azalması, iş güvencesini ve ekonomik istikrarı zora sokabilir.

Havzada su kaynaklarının etkin kullanımı, sulama yöntemlerinin modernizasyonu, toprak erozyonu ve kuraklıkla mücadele için bitki örtüsünün korunması ve su kaynaklarının yönetimi için bölgeye özgü politikaların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Meriç Nehri Havzası ile ilgili ileriye dönük eylem planlarının hazırlanması ve uygulanması, iklim değişikliğinin olası etkilerini azaltmak ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak için kritik öneme sahiptir.

TEŞEKKÜR

Kazanlık, Sliven, Haskovo ve Plovdiv meteoroloji istasyonlarına ait sıcaklık ve yağış verilerinin temininde yardımlarını esirgemeyen Peter NOJAROV'a teşekkür ederim.

| EXTENDED ABSTRACT |

Long Term Drought Analysis in the Meriç River Basin According to the Standard Precipitation Evapotranspiration IndexMustafa ERİŞMİŞ* **INTRODUCTION**

Climate change due to global warming has become one of the most significant problems faced by humanity today (Özcan, 2020). Drought, one of the factors associated with climate change, occurs in virtually all climatic regions, such as areas with high and low rainfall, and is mostly related to a decrease in the amount of rainfall received over a long period such as a season or a year (Mishra & Singh, 2010; Türkes, 2012). The World Meteorological Organization describes the drought condition caused by climate change as a “prolonged and continuous decrease in rainfall” (Çamalan et al., 2021). In addition to these drought definitions, different disciplines have developed various concepts to describe the drought situation. For instance; customized drought definitions have been made according to fields such as meteorology, hydrology, agriculture, geography or industry, energy production, and maritime (Sırdaş & Şen, 2003). Drought has been classified as meteorological, hydrological, and agricultural in terms of its varieties. Meteorological drought is below normal rainfall; agricultural drought is insufficient soil moisture for a certain plant at some time; hydrological drought is the lack of both surface and groundwater, and socioeconomic drought occurs with the emergence of physical water scarcity (Sırdaş, 2002; Ilgar, 2013). The concept of famine drought can be considered in addition to other types of drought and is the last and most dangerous link of famine types. When different drought types are sequentially experienced and complete their processes, they can reach a state of famine, which if not controlled, can result in starvation. This, in turn, can reach serious levels that can lead to a large number of human deaths (Şen, 2009).

In this study, humidity and drought conditions were evaluated over ten stations (Haskovo, Plovdiv, Kazanlak, Sliven, Çorlu, Tekirdağ, Edirne, İpsala, Kırklareli, Lüleburgaz) in the Meriç Basin.

STUDY AREA AND METHOD

The study area encompasses the Meriç River Basin. The basin includes within its boundaries Turkey, Bulgaria, and Greece. The Meriç River Basin covers a total area of 53,475 km², with 35,230 km² in Bulgaria, 14,560 km² in Turkey, and 3,685 km² in Greece (Özdemir, 2015). Long-term annual temperature and precipitation data from the meteorological stations of Kazanlak, Sliven, Haskovo, Plovdiv, Çorlu, Edirne, Tekirdağ, Lüleburgaz, Kırklareli, and İpsala, located within the boundaries of the Meriç River Basin, were utilized. The SPEI method was applied to these aforementioned stations. The obtained results were

reclassified, and their charts and maps were prepared. MATLAB R2021a (Matrix Laboratory) was used for the preparation of the charts. For the preparation of the maps, the Inverse Distance Weighted Interpolation (IDW) method included in ArcGIS 10.7 was chosen.

FINDINGS

The study was conducted in three stages. In the first stage, a general evaluation of long-term precipitation and temperature values was made across the basin. In the second stage, the drought index values obtained on a 24-month time scale were reclassified according to humidity and drought categories, and the duration of humid and dry conditions occurring in the Meriç River Basin was evaluated. The findings from the analysis show that while moderate drought is experienced at the stations in Bulgaria, severe and extreme drought conditions exist at the stations in Turkey. Drought was widespread across the basin in the period 1985-1995. After this period, the longest duration of drought was recorded at the Lüleburgaz station between the years 2000-2010. In recent years, it has been observed that drought conditions across the basin have increased, indicating that the Meriç Basin, which has a dry and semi-dry climate characteristic, has become more vulnerable to the risk of drought.

DISCUSSION

Since the mid-1980s, the average temperature has begun to rise in Bulgaria, and after 1997, the temperature has begun to reach extraordinarily high levels, indicating a situation of decrease in both the precipitation by approximately 30% and correspondingly in the water resources in the Meriç River Basin. Although severe rainfall in recent years has increased annual average rainfall rates, drying has been observed in the Bulgarian climate since the end of the 20th century (Turoğlu and Uludağ, 2013). The distribution of precipitation and temperatures across the basin plays a significant role in drought. It has been found that there are many factors, either directly or indirectly, on the amount and distribution of precipitation in the distribution of precipitation and temperatures. These factors include large-scale oscillations as a result of atmospheric movement, local and regional topographic conditions, and proximity to the sea. Large-scale oscillations, such as El Nino Southern Oscillation, North Atlantic Oscillation, and Atlantic Multidecadal Oscillation, have been found to affect precipitation and temperatures in the Meriç River Basin (Abdelkader and Yerdelen, 2022). Furthermore, many studies have revealed a relationship between the amount of rainfall in Turkey and the North Atlantic Oscillation (Türkeş and Erlat, 2005; Kahya, 2011; Sezen and Partal, 2019). In addition, the duration and intensity of drought are closely related to climate change scenarios. For example, as stated in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2013 report, which is supported by the United Nations Environment Program; increasing temperatures and decreasing precipitation can increase the duration and severity of drought in a positive direction (Türkeş et al., 2013). This increase could have significant consequences on both agriculture and the overall ecosystem. In particular, according to the RCP 4.5 scenario of the new generation global scenario family developed by the IPCC, it is predicted that average temperatures will tend to increase in all periods in the Meriç River Basin (Gürkan et al., 2016). These predictions should play a significant role in the management of the basin's future water resources.

CONCLUSION

According to the analyses of the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index carried out at stations in the Meriç River Basin, the drought classification ranges have been found to be consistent with each other in some years. Moreover, increasing trends in drought intensity have been observed at all stations in recent periods. The moderate drought conditions in the region are more pronounced at stations on the Bulgarian side, while severe conditions have been observed on the Turkish side. In recent years, there have been increases in the intensity of drought at Ipsala, Lüleburgaz, and Çorlu stations.

In the Meriç River Basin, drying and reductions in precipitation show a significant trend, along with global climate change and increases in temperature, which is also related to the North Atlantic Oscillation. The upward trend in average temperatures

is warning of possible increases in the duration and intensity of drought in the basin. The basin hosts intense agricultural activity, and increasing drought and high humidity conditions could negatively affect agricultural productivity. Drought weakens plant growth and productivity, while high humidity creates a more vulnerable environment for diseases, making plants susceptible to fungal and bacterial diseases. These effects could significantly reduce the agricultural production of the basin, putting economic pressure on farmers. Furthermore, these adverse effects could reduce the food supply due to the decrease in agricultural productivity, leading to rising food prices and potential food shortages across the basin. The increase in demand for water resources can lead to water stress, increasing demands for underground and surface water resources in the Meriç River Basin, and making significant uses such as agricultural irrigation, drinking water, and energy production more difficult. These situations can have social effects, especially on agricultural communities. The increase in food prices and food shortage threaten food security, while water stress and the decrease in agricultural production can jeopardize job security and economic stability.

Effective use of water resources in the basin, modernization of irrigation methods, protection of vegetation to combat soil erosion and drought, and the development of region-specific policies for water resources management are of great importance. The preparation and implementation of forward-looking action plans related to the Meriç River Basin are critical to mitigate the potential effects of climate change and ensure the sustainable use of water resources.

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Abdelkader, M., & Yerdelen, C. (2022). Hydrological drought variability and its teleconnections with climate indices. *Journal of Hydrology*, 605(127290). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127290>
- Akkaya, U. (2016). Meriç ve Tunca nehirlerinin Edirne şehir merkezi kısmında 2 boyutlu taşkın modellemesi. (Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü).
- Akşan, G. (2021). Türkiye’de kuraklık analizi (Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bacanlı Güner, Ü., & Akşan, G. N. (2019). Drought analysis in Mediterranean Region. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(6), 665-671.
- Bakanoğulları, F. (2020). SPEI ve SPI indisleri kullanılarak İstanbul-Damlıca Deresi Havzasında kuraklık şiddetlerinin analizi. *Toprak Su Dergisi*, <https://doi.org/10.21657/topraksu.566693>, 1-10.
- Beden, N., Demir, V., & Keskin, A. Ü. (2020). Samsun ilinde SPI ve PNI kuraklık indekslerinin eğilim analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1-10. <https://doi.org/10.21205/deufmd.202.022.6411>
- Beguiria, S., Vicente-Serrano, S. M., Reig, F., & Latorre, B. (2014). Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: Parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *International Journal of Climatology*, 34(10), 3001-3023. <https://doi.org/10.1002/joc.3887>
- Chen, T., Werf, G., Jeu, R., Wang, G., & Dolman, A. (2013). A global analysis of the impact of drought on net primary productivity. *Hydrology and Earth System Sciences*, 3885-3894.
- Çamalan, G., Akgündüz, A., Çetin, S., & Doğan, H. (2021). Türkiye kuraklık projeksiyonları. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Erkal, T., & Topgül, İ. (2014). Meriç Nehri’nin son 15 yıllık taşkınları ve korunma projeleri. TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumunda sunulmuştur. Ankara, Türkiye.
- Gocheva, A., Malcheva, K., & Marinova, T. (2010). Some drought indices for the territory of Bulgaria. *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology*, 15 (3), 88-96.
- Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., & Yazıcı, B. (2016). GFDL-ESM2M modeli temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 14(2), 77-88.
- Hernandez, E. A., & Uddameri, V. (2014). Standardized precipitation evaporation index (SPEI) based drought assessment in semi-arid south Texas. *Environmental Earth Sciences*, 2491-2501.
- İlgar, R. (2013). Çanakkale’de kuraklık durumu ve eğilimlerinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile belirlenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 22, 183-204.
- İnandık, H. (1951). Diyarbakır Civarının Kuraklık İndisleri ve İklim Diyagramları. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 105-112.
- İrcan, M. R. & Duman, N. (2021). Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) yöntemi ile Şanlıurfa ili kuraklık analizi. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 1-18.

- İrcan, M. R. ve Duman N. (2022). Şanlıurfa İlinde yaşanan hidroklimatolojik kuraklıkların zamansal ve mekânsal dağılışının coğrafi bilgi sistemleri tabanında değerlendirilmesi (Faruk Alaeddinoğlu, Pınar Bostan, Onur Şatır, Serkan Kemeç, Şevket Alp, Atilla Durmuş, Hilal Çelik Kazıcı, Ayşegül Feray Meydan, Songül Özer, Ed.). Paradigma Akademi.
- İrcan, M.R. (2020). Şanlıurfa'nın iklim özellikleri ve kuraklık analizi (Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Kahya, E. (2011). The impacts of NAO on the hydrology of the eastern Mediterranean, In Hydrological, socioeconomic and ecological impacts of the North Atlantic Oscillation in the Mediterranean Region. Springer Netherlands.
- Kale, M. (2018). Yeşilirmak Havzası mekânsal yağış dağılışına ait değişiminin deterministik ve stokastik yöntemlerle belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 263-276.
- Karabulut, M. (2020). Standart Yağış İndeksi kullanılarak Sivas İlinde kuraklık analizi. Journal of International Social Research, 13(71), 216-230. <https://doi.org/10.17719/jisr.10570>
- Li, L., She, D., Zheng, H., Lin, P., & Yang, Z. (2020). Elucidating Diverse Drought Characteristics from Two Meteorological Drought Indices (SPI and SPEI) in China. Journal of Hydrometeorology, 1513-1530. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-19-0290.1>
- Liu, C., Yang, C., Yang & Wang, J., (2021). Spatiotemporal drought analysis by the standardized precipitation index (SPI) and standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) in Sichuan Province, China. Sci Rep 11. <https://doi.org/10.1038/s41598.020.80527-3>
- McVicar, T. R., Roderick, M. L., Donohue, R. J., Li, L. T., Van Niel, T. G., Thomas, A., ... & Running, S. W. (2012). Global review and synthesis of trends in observed terrestrial near-surface wind speeds: Implications for evaporation. Journal of Hydrology, 416, 182-205. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.10.024>
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. Journal of Hydrology, 391, 202-216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>
- Nikolova, N., & Alieva, G. (2012). Drought periods in non-mountainous part of South Bulgaria on the background of climate change. Geographica Pannonica, 16(1), 10-17. <https://doi.org/10.5937/GeoPan1201018N>
- Nohegar, A., Mahmoodabadi, S., & Norouzi, A. (2015). Comparison the Suitability of SPI, PNI and DI Drought Index in Kahrestan Watershed (Hormozgan Province/South of Iran). Journal of Environment and Earth Science, 5(8), 71-76.
- Ntale, H. K., & Gan, T. Y. (2003). Drought indices and their application to East Africa. International Journal of Climatology, 1335-1357. <https://doi.org/10.1002/joc.931>
- Özdemir, O. (2015). Dünyada sınırışan su politikaları: Meriç Havzası değerlendirmesi (Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı).
- Öney, M. (2020). Standart yağış evapotranspirasyon indeksi (SPEI) ile Gediz Havzasında bölgesel kuraklık analizi / Regional drought analysis of Gediz Basin with standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) [MasterThesis, Fen Bilimleri Enstitüsü]. <https://dspace.ankara.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12575/72092>
- Özcan, B. A. (2020). Ortak Mülkiyet Çerçevesinde İklim Değişikliği Sorununun Çözümünde Kyoto Protokolü'nün Etkisi. Akdeniz İİBF Dergisi, 20(2). <https://doi.org/10.25294/aiuibfd.827487>
- Serrano, S., Beguería, S., & Moreno, J. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. Journal of Climate, 1696-1718.
- Sezen, C., & Partal, T. (2019). The Influences of Arctic & North Atlantic Oscillations on Temperature and Precipitation Data of Eastern and Northern Marmara. Turkish Journal of Water Science and Management, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.31807/tjwsm.447321>
- Sırdaş, S. (2002). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması (Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Sırdaş, S., & Şen, Z. (2003). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, 95-103.
- Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J. V., & Barbosa, P. (2015). The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012. Journal of Hydrology: Regional Studies, 3, 509-524. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.01.001>
- Stagge, J., Tallaksen, L. M., Xu, C.-Y., & Van Lanen, H. (2014). Standardized precipitation-evapotranspiration index (SPEI): Sensitivity to potential evapotranspiration model and parameters. IAHS Publ., 363, 367-373.
- Şen, Z. (2009). Kuraklık Afet ve Modern Hesaplama Yöntemleri. İstanbul: Su Vakfı
- Tanoğlu, A. (1943). Türkiye'nin kuraklık indisleri. Türk Coğrafya Dergisi, 1. <https://doi.org/10.17211/tcd.19606>
- Taylan, E. D., & Damçayırı, D. (2016). Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri ile Tahmini. Teknik Dergi, 27(3)
- Tokatlı, C. (2019). Water and sediment quality assessment of the lifeblood of thrace region (Turkey): Meriç River Basin. Fresenius Environmental Bulletin.
- Tural, S. & Samet, R. (2011). Gerçek zamanlı meteoroloji verilerinin toplanması, analizi ve haritalanması [Thesis, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı].
- Turan, E. S. (2018). Türkiye'nin İklim Değişikliğine Bağlı Kuraklık Durumu. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4(1)

- Turoğlu, H., & Uludağ, M. (2013). Possible hydrographic effects of climate change on lower part of transboundary Meriç River Basin (Turkey). *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 14, 77-85.
- Tümertekin, E. (1955). Türkiye kurak bölgelerinde buğday yetiştirme devresi ile kurak devre arasındaki zaman münasebeti. *Türk Coğrafya Dergisi*, 13-14, <https://doi.org/10.17211/tcd.74025>
- Tümertekin, E. (1956). Türkiye'de kuraklık süresinin coğrafi dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 15-16, Article 15-16. <https://doi.org/10.17211/tcd.01013>
- Türkeş, M., & Erlat, E. (2005). Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930–2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 81(1), 45-69. <https://doi.org/10.1007/s00704.004.0084-1>
- Türkeş, M., Akgündüz, S., & Demirörs, Z. (2009). Palmer kuraklık indisi'ne göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya bölümündeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 129-144. https://doi.org/10.1501/Cogbil_000.000.0102
- Türkeş, M. (2011). Akhisar ve Manisa yörelerinin yağış ve kuraklık indisi dizilerindeki değişimlerin hidroklimatolojik ve zaman dizisi çözümlemesi ve sonuçların çölleşme açısından coğrafi bireşimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(1), https://doi.org/10.1501/Cogbil_000.000.0119
- Türkes, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 4(2), https://doi.org/10.1501/Csaum_000.000.0063
- Türkeş, M., Şen, Ö. M., Kurnaz, L., Madra, Ö., & Şahin, Ü. (2013). İklim değişikliğinde son gelişmeler: IPCC 2013 Raporu. İstanbul Politikalar Merkezi, Sabancı Üniversitesi.
- Yıldız, D. (2011). Meriç Nehri Havzası su yönetiminde uluslararası iş birliği (Orsam Su Araştırmaları Raporu 44,4). Ortadoğu Stratejik Araştırmalar Merkezi.
- Zarei, A. R., Shabani, A., & Moghimi, M. M. (2021). Accuracy assessment of the SPEI, RDI and SPI drought indices in regions of Iran with different climate conditions. *Pure and Applied Geophysics*, 178(4), 1387-1403. <https://doi.org/10.1007/s00024.021.02704-3>